

- COMUNICADO DE DIVULGAÇÃO -

DAÑOS POR MAGULLADURA EN FRUTOS DE PEPITA: FACTORES QUE INFLUYEN EN SU APARICION Y CONTROL DE DAÑOS CON FRUTOS ELECTRONICOS

J. L. García y M. Ruiz-Altisent
Dpto. Ingeniería Rural, Universidad Politécnica de Madrid
Avda. Complutense s/n, 28040 Madrid
jlgarcia@iru.etsia.upm.es

La demanda de frutas y hortalizas en Europa es cada vez más exigente en términos de calidad. En frutos de pepita, como la manzana y la pera, los principales parámetros de calidad son el calibre, la firmeza, el color, la calidad gustativa y la ausencia de defectos; los daños mecánicos son los defectos que producen mayores pérdidas. En manzana, se ha comprobado que las magulladuras son el daño mecánico más frecuente, que influye decisivamente en el precio de venta y en la aceptación del consumidor.

En los últimos cinco años, un equipo investigador del Departamento de Ingeniería Rural de la Universidad Politécnica de Madrid, dirigido por la Profesora M. Ruiz-Altisent, ha estudiado en profundidad los diversos factores que influyen en la aparición de daños por magulladura en frutos de pepita y la manera de evitarlos.

Factores intrínsecos del fruto

Las distintas especies y variedades de frutos de pepita presentan distinta susceptibilidad a magulladura. Una vez dentro de la misma variedad, factores intrínsecos del fruto de diversa índole (fecha de recolección, almacenamiento, etc.) también influyen en la aparición de daños.

Con vistas a comparar la susceptibilidad a magulladura de un amplio rango de frutos de pepita, el equipo investigador estableció un impacto estándar al que se sometieron todos los frutos estudiados. Este impacto estándar consistió en dejar caer sobre cada fruto, desde una altura de 8 cm, una masa de 50.8 g de peso y cabeza esférica de acero de 2 cm de diámetro. El volumen de magulladura producido por cada impacto se calculó a partir de la profundidad y anchura de magulladura medidas en corte transversal, transcurridas dos horas tras el impacto. Este volumen de magulladura se consideró el índice de la susceptibilidad a magulladura del fruto ensayado.

Este impacto estándar produce una magulladura fácil de medir con un buen control del impacto, condiciones que no se consiguen con otros métodos a considerar - por ejemplo la caída libre del fruto sobre algún tipo de superficie -.

Con este método se ensayaron 3720 frutos, incluyendo manzanas (variedades «Golden Delicious», «Golden Supreme» y «Granny Smith») y peras (variedades «Blanquilla», «Conferencia» y «Limonera»). Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla I.

TABLA I. Susceptibilidad a magulladura de algunas variedades de frutos de pepita, tomando como índice el volumen de magulladura (VM) en impacto estándar (masa de 50.8 g y cabeza esférica de acero de 2 cm de diámetro, con caída sobre el fruto desde una altura de 8 cm). Ensayos de los años 1992 y 1993, con fruta recogida en cooperativas de Lérida. Se indican en cada caso la fecha de recolección y el período de conservación en cámara.

| Variedad | VM (mm) En cosecha Cosecha temprana | VM (mm) En cosecha Cosecha tardía | VM (mm) Tras cámara Cosecha temprana | VM (mm) Tras cámara Cosecha tardía |
|-----------------------|---|---|--|--|
| "Golden Delicious" | (6-IX) 110 | (20-IX) 158 | (3 meses) 98 | (3 meses) 119 |
| "Golden Supreme" | (29-VII) 134 | (12-VIII) 137 | (3 meses) 105 | (3 meses) 127 |
| "Granny Smith" | (8-X) 147 | (21-X) 173 | - | - |
| "Blanquilla" | (9-VIII) 60 | (23-VIII) 70 | (2 meses) 36 | (2 meses) 46 |
| "Conferencia" | (19-VIII) 78 | (2-IX) 82 | (2 meses) 75 | (2 meses) 84 |
| "Limonera" | (9-VII) 61 | (13-VII) 80 | - | - |

Los resultados indicaron que los frutos de pepita son más susceptibles a magulladura en el momento de la recolección que tras conservación en cámara; también son más susceptibles en recolección tardía que en recolección temprana.

El estudio de las propiedades físicas de los frutos llevó a la conclusión de que dos características intrínsecas del fruto influyen en su susceptibilidad a magulladura: la firmeza y la turgencia. Según esta lógica, los frutos de cosecha temprana se magullan menos porque son más firmes; por otra parte, los frutos en recolección se magullan más que los frutos tras conservación porque están más turgentes. La combinación de estos dos factores, que varían a lo largo de la comercialización del producto, determinará la susceptibilidad a magulladura de cada lote de fruta. La turgencia se reveló como el factor más importante en manzana, mientras que las variaciones de firmeza tuvieron un mayor efecto en pera.

La determinación de la firmeza se realizó con un vástago Magness-Taylor en una máquina de ensayos Instron; para el estudio de la turgencia se desarrolló un método específico, realizando una punción del fruto con piel con un vástago de 0.5 mm de diámetro, en la misma máquina de ensayos. La deformación en rotura en este ensayo de punción está directamente relacionada con la turgencia del fruto.

Por lo tanto, los frutos cuya manipulación es más peligrosa son aquellos que se presenten muy turgentes y con baja firmeza. Las cifras de la Tabla I muestran que los tamaños de magulladura pueden incrementarse hasta en un 60% en «Golden Delicious».

Factores extrínsecos

Los factores que no dependen del fruto, sino del tipo de impacto, también fueron objeto de estudio. Lógicamente, los dos factores que mostraron una mayor influencia fueron la energía del impacto y el tipo de superficie impactada.

En este caso, el estudio consistió en dejar caer manzanas variedad «Golden Delicious» desde distintas alturas de caída sobre diferentes tipos de superficies, con diferentes curvaturas, como se describirá en el siguiente apartado. El volumen de magulladura producido se calculó a partir de la profundidad y anchura; los resultados obtenidos aparecen en la Tabla II (columna correspondiente a volumen de magulladura).

Los resultados confirman, como es ya conocido por los productores, que los impactos más peligrosos son los que se producen contra superficies duras y de pequeño radio de curvatura. De ahí la necesidad de insistir en la importancia del acolchado en los elementos de

TABLA II - Registros obtenidos en impactos de los frutos electrónicos, y de manzanas "Golden Delicious", contra diferentes superficies (valores medios de 10 impactos) en caída libre desde distintas alturas. Variables representadas: altura de caída, aceleración máxima y cambio de velocidad (IS-100), nivel de daños (SEP-1), diámetro de magulladura y volumen de magulladura. Los diámetros de magulladura superiores a 11.3 mm se consideraron daños importantes

| Altura de caída (cm) | Aceleración máxima IS-100 (g's) | Cambio de velocidad IS-100 (m/s) | Nivel de daños SEP-1 | Diámetro de magulladura (mm) | Volumen de magulladura (mm ³) |
|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------|------------------------------|---|
| Acero Superficie plana | | | | | |
| 1 | 43 | 0.54 | 2 | 0 | 0 |
| 3 | 89 | 0.96 | 4.3 | 12.0 | 275 |
| 6 | 128 | 1.29 | 6.9 | 15.7 | 556 |
| Acero Radio de curvatura 1 cm | | | | | |
| 1 | 39 | 0.61 | 1 | 6.5 | 50 |
| 3 | 74 | 1.06 | 3 | 10.9 | 289 |
| 6 | 114 | 1.49 | 4.5 | 12.7 | 502 |
| Manzana Radio de curvatura 3.8 cm | | | | | |
| 10 | 46 | 2.21 | 1 | 10.9 | 216 |
| 20 | 54 | 2.52 | 2 | 15.8 | 677 |
| 40 | 84 | 3.54 | 3.3 | 22.1 | 1830 |
| Acolchado Superficie Plana | | | | | |
| 20 | 90 | 2.67 | 2.9 | 2.5 | 2 |
| 40 | 178 | 3.72 | 5.1 | 3.2 | 8 |
| 60 | 231 | 4.22 | >7 | 6.4 | 51 |
| Cartón Superficie Plana | | | | | |
| 20 | 111 | 2.71 | 2.8 | 0 | 0 |
| 40 | 155 | 3.23 | 4.4 | 3.4 | 8 |
| 60 | 354 | 4.14 | >7 | 9.6 | 193 |

recolección y en las líneas de clasificación, en el interés de disminuir las alturas de caída, y en el particular cuidado para evitar contactos con superficies duras y curvas (bordes de cubos y palots, elementos de líneas, etc.).

Los frutos electrónicos: un método para evitar los daños mecánicos detectando los puntos donde se producen

En los últimos años se han desarrollado varios dispositivos («frutos electrónicos») para la evaluación de las fuerzas y energías de impacto en el manejo de fruta.

con el objetivo de evitar los daños mecánicos. Los frutos electrónicos se introducen en las operaciones de manejo como un fruto más, proporcionando información sobre los impactos sufridos en el proceso. Dos de estos dispositivos han sido utilizados por el equipo investigador: el SEP-1 y el IS-100 (Figura 1).

SEP-1 (Simulated Electronic Product), desarrollado por el SAC (Scottish Agricultural Centre), es un dispositivo no esférico de 257 g (modelos desarrollados posteriormente son esféricos). Su sensibilidad está basada en el efecto piezoeléctrico; está equipado con reloj, memoria y batería interna recargable. Detecta y clasifica impactos en ocho niveles de daños (de 0 a 7).

Techmark IS-100, desarrollado por el Michigan Agricultural Experiment Station and USDA's

Agricultural Research Service, es un dispositivo esférico de 300.6 g, equipado con un acelerómetro triaxial y, como en el caso anterior, con reloj, memoria y batería interna recargable. El aparato registra los parámetros aceleración máxima y «cambio de velocidad» para cada impacto; el primer parámetro indica la magnitud del impacto, mientras que la relación entre la aceleración máxima y el «cambio de velocidad» identifica el tipo de superficie impactada. Estos datos permiten predecir la aparición de magulladuras en función de los parámetros de impacto.

Dos tipos de experimentos se llevaron a cabo con los frutos electrónicos SEP-1 e IS-100: experimentos en laboratorio y ensayos en procesos reales de manejo de fruta.

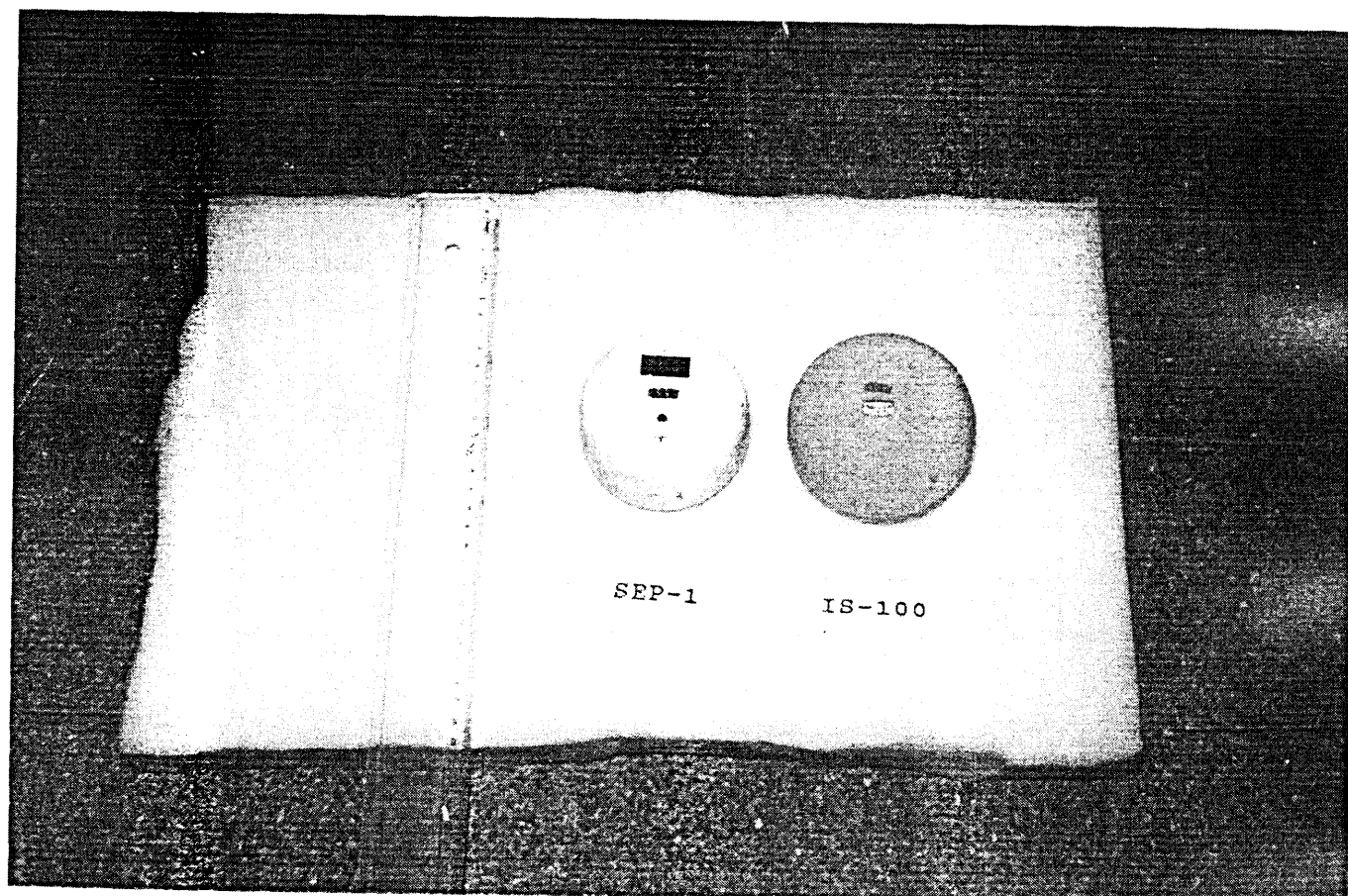


Figura 1. Frutos electrónicos SEP-1 e IS-100

Calibración de los frutos electrónicos: experimentos de laboratorio

En los experimentos en laboratorio, ambos frutos electrónicos se dejaron caer desde diferentes alturas sobre las siguientes superficies:

- Acero, superficie plana. Alturas: 1, 3 y 6 cm.
- Acero, radio de curvatura de 1 cm. Alturas: 1, 3 y 6 cm.
- Manzana, radio de curvatura de 3.8 cm. Alturas: 10, 20 y 40 cm.
- Material plástico amortiguador, superficie plana. Alturas: 20, 40 y 60 cm.
- Cartón, superficie plana. Alturas: 20, 40 y 60 cm.

Manzanas de la variedad «Golden Delicious» (tras conservación) fueron sometidas a los mismos impactos, lo que permitió comparar los daños en las distintas superficies, como se comentó en el apartado anterior.

El objetivo de estos experimentos de laboratorio fue determinar la relación entre los parámetros registrados por los dispositivos y el daño producido en frutos reales; en particular, establecer los registros umbral de los frutos electrónicos a partir de los cuales se producen daños de importancia. Se consideraron daños de importancia los que superaron 1 cm² de superficie visible (11.3 mm de diámetro en magulladura circular), límite que impone la Norma de calidad española para entrar en la categoría «I», categoría de alta calidad.

Los resultados obtenidos permiten clasificar los procesos en tres situaciones de riesgo, de acuerdo con los datos de la Tabla II.

* Si el parámetro registrado por el fruto electrónico es 0 ó 1 (SEP-1) o bien menor o igual de 50 g's (IS-100), no se producen daños de diámetro superior a 11.3 mm; el proceso se define como «riesgo bajo de daños».

* Si el parámetro registrado por el fruto electrónico es 2 (SEP-1) o bien entre 50 y 70 g's (IS-100), se producen daños de diámetro superior a 11.3 mm en parte de los ensayos (fundamentalmente sobre manzana); el proceso se define como «riesgo medio de daños».

* Si el parámetro registrado por el fruto electrónico es igual o mayor que 3 (SEP-1) o bien mayor de 70 g's (IS-100), se producen daños de diámetro superior a 11.3 mm en las superficies no acolchadas (manzana y acero); el proceso se define como «riesgo alto de daños».

Ensayos en procesos reales con frutos electrónicos

Los ensayos en procesos reales de manejo de fruta se realizaron en cooperativas de Lérida (Cataluña). Ambos frutos electrónicos se emplearon para evaluar recolección, transporte y clasificación. En cada caso, se observó el procedimiento utilizado en la operación real y se repitió con el fruto electrónico, realizando 3-4 repeticiones en cada operación.

Los procesos evaluados fueron tres operaciones de recolección - en diferentes condiciones -, dos operaciones de transporte y cuatro líneas de clasificación.

Los valores registrados por los frutos electrónicos en los procesos reales de manejo se compararon con los valores medidos en laboratorio, demostrándose que en muchos casos se superaron ampliamente los umbrales de aparición de daños. Los registros de los frutos electrónicos indicaron que la operación más peligrosa respecto a la aparición de magulladuras fue la descarga de cajas (sobre todo si se realiza manualmente) y palots, mientras que los daños en recolección dependieron mucho de cómo se realizara la operación (Figura 2). Respecto a las líneas de clasificación, uno de los puntos más problemáticos fue el paso por el calibrador; los cambios de elemento pueden también producir daños.

La experiencia adquirida en estos ensayos ha permitido elaborar un protocolo para la evaluación de cualquier operación que implique el manejo de fruta mediante los frutos electrónicos. Un esquema simplificado de este protocolo se representa en la Figura 3. El protocolo permitirá certificar si una determinada operación es o no peligrosa para la fruta desde el punto de vista de la aparición de daños mecánicos, y si lo es, detectar en qué punto se produce el problema.

Los relojes con que van equipados estos dispositivos permiten determinar con precisión el punto concreto donde se produce el impacto no deseado. En

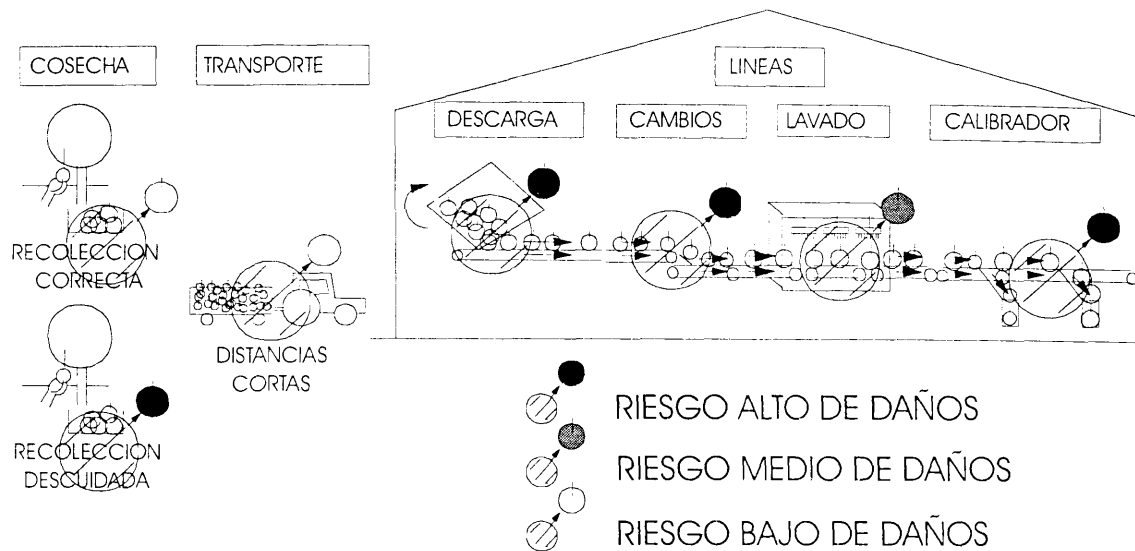


Figura 2. Riesgo de aparición de daños por magulladura en diversas operaciones de manipulación de fruta, según los registros obtenidos por los frutos electrónicos SEP-1 e IS-100

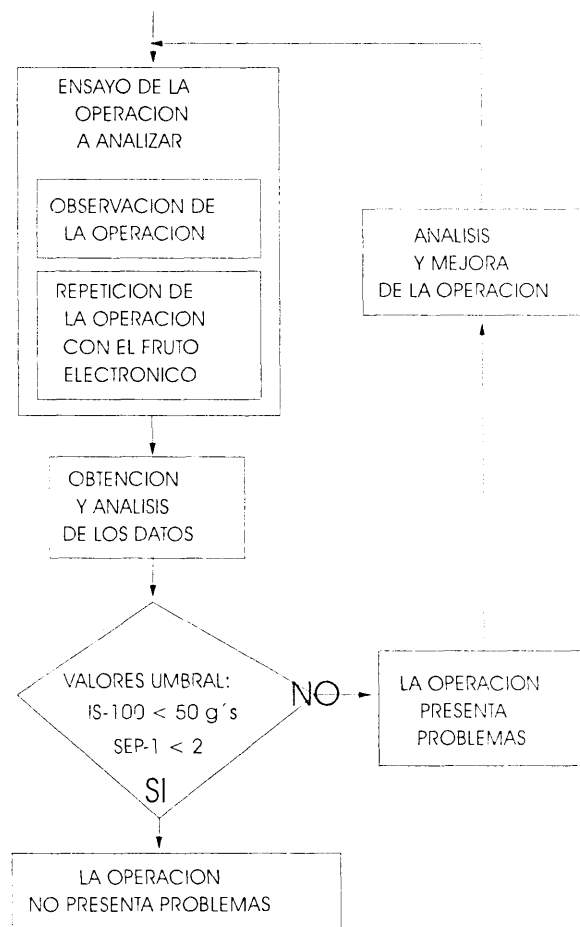


Figura 3. Esquema simplificado del protocolo a seguir para la evaluación de cualquier operación de manipulación de fruta con los frutos electrónicos SEP-1 e IS-100

muchas ocasiones, los problemas detectados en la línea se pueden resolver fácilmente cambiando los acolchados (a menudo deteriorados) y añadiendo elementos adicionales (cepillos, etc.) en los puntos clave.

BIBLIOGRAFÍA

- ALAVOINE, F., M., CROCHON Y C. BOUILLON. Practical methods to estimate taste quality of fruit: how to tell it to the consumer. **Acta Horticulturae**, 1990, 259:61-68.
- BROWN, G. K., C. L. BURTON, S. A. SARGENT, N. L. SCHULTE-PASON, E. J. TIMM Y D. E. MARSHALL. Assessment of apple damage on packing lines. **Applied Engineering in Agriculture**, 1989, 5(4):475-484.
- BROWN, G. K., N. L. SCHULTE-PASON, E. J. TIMM, C. L. BURTON Y D. E. MARSHALL. Apple packing line impact damage reduction. **Applied Engineering in Agriculture**, 1990, 6(6):789-794.
- BRUSEWITZ, G. H. AND J. A. BARTSCH. Impact parameters related to post harvest bruising of apples. **Transactions of the ASAE** 1989, 32(3):953-957
- DIENER, R. G., K. C. ELLIOT, P. E. NESSELROAD, M. INGLE, R. E. ADAMS AND S. H. BLIZZARD. Bruise energy of peaches and apples. **Transactions of the ASAE** 1979, 22(2):287-290
- GARCÍA, J. L., M. RUIZ-ALTISENT AND P. BARREIRO. Factors influencing mechanical properties and bruise susceptibility of apples and pears. **J. Agric. Eng. Res.** 1995, 61:11-18
- HOLT, J. E., D. SCHOORL Y C. LUCAS. Prediction of bruising in impacted multilayered apple packs. **Transactions of the ASAE**, 1981, 24:242-247.
- HORSFIELD, B. C., R. B. FRIDLEY AND L. L. CLAYPOOL. Application of theory of elasticity to the design of fruit harvesting and handling equipment for minimum bruising. **Transactions of the ASAE** 1972, 15(4):746-750
- HYDE, J. F. Y M. INGLE. Size of apple bruises as affected by cultivar, maturity, and time of storage. **Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.**, 1968, 92:733-738.
- JONES, C. S., J. E. HOLT Y D. SCHOORL. A model to predict damage to horticultural produce during transport. **J. Agric. Eng. Res.** (1991) 50, 259-272.
- KLEIN, J. D. Relationship of harvest date, storage conditions, and fruit characteristics to bruise susceptibility of apple. **Journal of American Society of Horticultural Science** 1987, 112(1):113-118
- PANG, W., C. J. STUDMAN AND G. T. WARD. Bruising damage in apple-to-apple impact. **J. Agric. Eng. Res.** 1992, 52:229-240
- PANG, W., C. J. STUDMAN, N. H. BANKS AND P. H. BAAS. Rapid assessment of the susceptibility of apples to bruising. **J. Agric. Eng. Res.** 1996, 64:37-48
- RUIZ-ALTISENT. Damage mechanisms in the handling of fruits. Capítulo 9 del libro «**Progress in agricultural physics and engineering**». Ed. CAB International (editor: J. Matthews), 1991, pp. 231-258.
- SALTVEIT, M. E. Effects of temperature on firmness and bruising of Starkrimson Delicious and Golden Delicious apples. **Horticultural Science** 1984, 19(4):550-551
- SARGENT, S. A., J. K. BRECHT Y J. J. ZOELLNER. Instrumented sphere impact analyses of tomato and bell pepper packing lines. **Applied Engineering in Agriculture**, 1992, 8(1):76-83.
- SCHOORL, D. AND J. E. HOLT. The effects of storage time and temperature on the bruising of Jonathan, Delicious and Granny Smith apples. **Journal of Texture Studies** 1978, 8:409-416
- SIYAMI, S., G. K. BROWN, G. J. BURGESS, J. B. GERRISH, B. R. TENNES, C. L. BURTON AND R. H. ZAPP. Apple impact bruise prediction models. **Transactions of the ASAE** 1988, 31(4):1038-1046
- TIMM, E. J., G. K. BROWN, R. C. BROOK, N. L. SCHULTE-PASON Y C. L. BURTON. Impact bruise estimates for onion packing lines. **Applied Engineering in Agriculture**, 1991, 7(5):571-576.